工业元宇宙：数字技术与实体经济深度融合发展的新时空

周 晓 东

（广东理工学院，广东 肇庆 526100）

摘要(Abstract)：元宇宙时代，制造业数字化转型是重塑制造业价值链、增强产业竞争力的必然要求。工业元宇宙将数字技术与现实工业结合，促进实体工业高效发展，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，是工业乃至产业数字化、智能化发展的全新阶段。元宇宙是数字化未来的更加具象化的综合体，是数字经济创新和产业链拓展的新领域。工业元宇宙是将真实员工与虚拟员工相互结合的工作平台，完成工业制造价值链循环，让虚拟数字技术为真实世界赋能，实现真实世界与数字世界的虚实共生、融合发展。在数字世界中复制、改变现实世界，实现智能化、人性化、众创化的创新管理。文中阐述了数字化转型是企业高质量发展的必由之路，工业元宇宙是数字经济与实体经济融合发展的新时空。简要介绍了格创东智的机器视觉量测和西门子、通用电气的数字孪生解决方案及其成效。

关键词(KeyWords)：元宇宙 虚拟现实 增强现实 工业元宇宙 数字孪生

中图分类号：C931.9; F426; F49; **文献标识码**：A

一、引 言

“元宇宙可视为实体世界与数字世界融合的新世界，称之为第三代互联网（Web3.0），并可细分为立体互联网与价值互联网(方军，2022)”。[1](P.6) 元宇宙将会赋能所有行业，激发传统行业的发展新功能，实现行业高质量发展。 工业元宇宙（Industrial Metaverse）是以XR、数字孪生为代表的新型信息通信技术与实体工业经济深度融合的工业生态，它通过 XR、AI、IoT、云计算、区块链、数字孪生等技术打通人、机、物、系统等的无缝连接，将数字技术与现实工业结合，促进实体工业高效发展，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，是工业乃至产业数字化、智能化发展的全新阶段。工业元宇宙持续拓展科技创新的时空。工业元宇宙，使个性化定制、大规模定制、柔性制造、产品全生命周期运维等服务型制造转型内容的落地有了坚实的路基和空间。工业元宇宙既是制造业数智化转型的新路径，也是数字经济与实体经济融合发展的新时空。

二、工业元宇宙是制造业数字化转型的新路径

(一) 元宇宙概念

“元宇宙是在扩展现实（XR）、区块链、云计算、数字孪生(Digital Twin)等新技术下的概念具化”。[2] 2022 年 9 月，全国科学技术名词审定委员会举行元宇宙及核心术语概念研讨会，与会专家学者经过深入研讨，对“元宇宙”等 3 个核心概念的名称、释义形成共识—

—“元宇宙”英文对照名“metaverse”，释义为“人类运用数字技术构建的，由现实世界映射或超越现实世界，可与现实世界交互的虚拟世界”[2]。

“元宇宙可能是继万维网和移动互联网之后的下一个主要云计算平台。同时，‘去中心化’的数字金融技术呈井喷式高速发展，其推动了新一轮的商业模式变革，也鼓励每个人在构建元宇宙的过程中发挥作用（拉贾·科杜里，2021）”。[3]

元宇宙所代表的未来，不是用虚拟现实头盔等高科技设备把我们带入仅呈现在我们眼前的虚拟画面和声光刺激中，而是一个让人有更好生活体验的新数字世界。“如果再仔细拆分，未来的新数字世界包括三种可能：沉浸式、全虚拟的新世界；物理实体与数字技术融合的新世界；用数字技术增强物理实体的新世界（方军,2022）”。[1]（P.19）

随着越来越强大的终端设施（AR/VR）的制造、高带宽网络的运行、网络算力的突破，元宇宙构想将逐步成为现实。《人民论坛》2022 年第 4 月（上）《元宇宙的当下与未来》一文认为：“元宇宙是整合多种新技术产生的虚实相融的新型互联网应用和社会形态。其基于高速通讯、人工智能、区块链、虚拟现实、增强现实、传感器、脑机接口等技术，通过对现实的数字化改造，为用户提供沉浸式体验，搭建出一个融合了经济系统、社交系统、身份系统的，并且是开放的、允许每个用户进行内容生产和编辑的特殊形态。”[4]

（二）VR/AR 是元宇宙的入口，VR 促进了对物理现实深度的认识

“VR 之父”杰伦·拉尼尔（2017）在《虚拟现实：万象的新开端》一书中给 VR 的第 7 个定义是：“相比之下，较粗糙的模拟现实促进了我们对物理现实深度的认识。随着 VR 在未来的进步，人类感知也会相应进步，并让我们学会更加深入地挖掘物理现实。”“VR 系统的任务则是将神经系统提升到超过一个阈值，使大脑在一段时间里相信这个虚拟世界，而不是物理世界。从认知的角度看，现实是大脑对下一刻的期待。在 VR 中，大脑在一段时间被说服期待虚拟的东西，而不是期待真实的东西”。[5]（P.56-60）拉尼尔认为，VR 是一种可以让你换位思考的媒介，他有望成为增强同理心的途径；期望 VR 是一种实现全民信息共享、协作的媒介。

VR 是强调交互式生物运动的媒介。“VR 在更大程度上应该是一门测量科学，而不是合成科学”。[5]（P.216-217）VR 数据手套的出现，使体验者可以与虚拟世界进行交互，并对其产生影响。通过 VR 手套，人们可以触摸虚拟世界，用双手对虚拟世界产生真实的影响。拉尼尔还发明了一种叫“特雷门琴”的电子乐器，无需接触任何东西，在天线附近的空气中移动手就可以弹奏它。这种弹奏方式会让演奏者有种与虚拟世界接触的感觉——这就是今天的“手部追踪”的原型。拉尼尔与发明了“数据手套”的汤姆·齐默尔曼（Tom Zimmerman）等人在 1985 年合伙创办了 VPL research 公司。2014 年，拉尼尔获得德国图书贸易和平奖。VR 是认知增强的通用工具，是一种优先刺激认知动态的媒介技术，以此模拟替代环境，进而让人准确认知世界。VR 是“以人为本、基于体验的数字技术有望推动数字经济，使作为价值来源的真实个人不被忽视”。VPL 公司曾帮助波音公司建立机舱设计、现场维护和生产线设计模拟器；还帮助福特和其他汽车制造商利用 VR 建立设计原型，现在这种做法早已

在汽车行业得到普及；VPL 公司也与火车和船只设计公司达成了类似合作。“过去 20 年,您所乘坐的每一辆商用车辆都采用了 VR 原型”。[5]（P. 275-279） VR 是未来的一种趋势，它能让人们在幻想与美好的时间里进行更多的、永无止境的交流与探险。VPL 公司于 1999 年被太阳微系统公司收购，并最终成为甲骨文公司（甲骨文于 2010 年 1 月以 74 亿美元收购太阳微系统公司）的一部分。

2021 年 8 月底，字节跳动公司以 50 亿人民币收购了北京小鸟看看科技有限公司（旗下有智能穿戴设备品牌 Pico）正式入局 VR。pico 的线下渠道已经遍布北京、上海、广州、深圳、成都、重庆等城市。销售方式除了自营店之外还有自助机、经销商、运营商等四种方式。字节跳动公司将原定的 2022 年 VR 销售目标 100 万台调高到约 180 万台。Pico 为字节跳动通向元宇宙提供了通行证。[6]

（三）英伟达展示超轻薄全息 VR 设备原型机，苹果公司推出 Apple Vision Pro

1. 英伟达公司展示超轻薄全息 VR

2022 年 8 月英伟达公司联合斯坦福大学，展示了一款重量仅为 60 克，厚度只有 2.5 毫米的超轻薄全息 VR 设备的原型样机，在这一设计中，体验者观看到的不是眼前两块小屏幕上显示的二维平面图像，而是从各自全息图中重建出来的三维图像，研究者朝着真三维显示的 VR 产品更加迈进了一步。

2. 苹果公司发布“苹果视觉”

2023 年 6 月，苹果公司在年度开发大会“WWDC23”上发布了旗下首款 MR（混合现实）眼镜“苹果视觉”（Apple Vision Pro）。它带来的元宇宙世界沉浸视听效果和实时互动体验，吸引了全球瞩目，业界期待着 Apple Vision Pro 或许会再次掀起一场个人消费电子产品的大变革。Apple Vision Pro 事实上具有普通 AR 眼镜的功能，设备外部不同位置安装了 12 个摄像头以及 3D 深度传感器（包括结构光和时间飞行两种类型），先把外界场景拍摄下来，然后再在屏幕上播放，体验者双眼可以清清楚楚观看周围景物。除此之外，Apple Vision Pro 在本身的显示屏外侧又额外加了一块 EyeSight 显示屏，向外人展示虚拟的人眼图像，使得设备外表看起来有些像 AR 眼镜透明的镜片。

据了解，“苹果视觉”有一个独立的电池组，可以通过眼睛、手和声音进行控制。主要定位为 AR 设备，但它可以使用拨盘在增强现实和完全虚拟现实之间切换。该设备没有控制器，但可以通过查看 visionOS 的操作系统中的应用程序图标进行操作；还可以点击选择和轻弹滚动，以及发出语音命令；“苹果视觉”支持蓝牙配件，包括触控键盘和触控板，让用户可以连接 Mac 在耳机内使用。

（四）工业元宇宙是物理世界与数字世界融合发展的新路径

工业元宇宙（Industrial Metaverse）“是以 XR、数字孪生为代表的新型信息通信技术与实体工业经济深度融合的工业生态，它通过 XR/AI/IoT/云计算/区块链/数字孪生等技术打通人、机、物、系统等的无缝连接，将数字技术与现实工业结合，促进实体工业高效发展，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，是工业乃至产业数字化、智能化发展的全

新阶段”。[7] 工业元宇宙带来了全场景和数实融合应用，汇聚了丰富的数字资产，极大地提升了工业价值创造，将重构数字工业发展新生态。

元宇宙代表完全沉浸式的三维数字环境，以及更具包容性的网络空间，最终在技术的辅助下，元宇宙会成为一个跨越所有表征维度的共享在线空间。制造业也将实现与元宇宙的深度融合。通过将 CPS（信息物理系统）、数字孪生与 5G 引发的 AR、VR、AI 计算机视觉、低时延远程控制等应用按照元宇宙的概念有机整合，便构建起了“工业元宇宙”。比如，浙江吉利汽车公司的新车设计、工艺开发、试产验证等都已大量使用到 CPS，大大缩减了新车研制的周期。“基于‘黑灯工厂’(智能化社会的一种新型智能无人工厂)和数字孪生、CPS、AR、VR 等的工业元宇宙将颠覆目前经济社会的结构，不同的传统行业会在工业元宇宙中得到“蝶变”重生（乐骁立、吴正斌，2021）”。[8]

“同时，虚拟世界与现实世界的各项决策与结果都通过区块链纪录下来，可溯源不可篡改，作为考核、审计的依据，为打造新的薪酬体系创造了想象空间。人机协同的新一代‘游戏式’工作方式由此诞生，多种技艺大赛、创新和开发竞技成为企业选人、用人的最佳场所与方式，新一代的人力资源的市场将从院校转移到元宇宙（乐骁立、吴正斌，2021）”。[8] 工业元宇宙将数字技术与现实工业结合，是工业乃至产业数字化、智能化发展的全新阶段，是未来制造业转型的重要推动力量。

三、工业元宇宙持续拓展制造业科技创新的时空

近几年，云计算、大数据、人工智能、物联网等新兴技术的不断发展和数字经济时代各种商业模式的创新，让企业管理者看到了业务创新与技术相融合的巨大能量。汽车企业数字化战略的引入，将是贯穿整个企业运营以及产品生产全过程的数字化进程。人工智能所打造的自动驾驶将颠覆 130 多年以来的汽车驾驶方式，智能制造的构建将实现人与机器人无隔离的协作，虚拟/增强现实和 3D 打印等技术也将颠覆产品设计、运营管理以及人员培训的方式，等等。数字化转型为企业带来的不仅仅是效率的进一步提升，还使企业拓展了设计、制造、运维服务等多方面的能力。

（一）工业元宇宙持续拓展科技创新的时空

工业元宇宙不仅赋能制造业在产品、服务、经营和人力资源等领域创新转型，同时也助力拓展制造业科技创新的时空。美国约翰•霍普金斯大学于 2019 年成功地制造了一只假肢，它的每个手指可以随着思想移动。该大学的另一个项目包含了制造一个可以由大脑控制的完整的人造手臂。目前，大约有十几种假肢投入应用。但同样，它们也需要手术，目前每条假肢的成本为 50 万美元。然而，该大学截肢研究项目经理罗伯特•阿米格（Robert Armiger）说：“所有这项工作的长期目标是以无创的、无须额外的手术、“无额外植入物”的方式，找到控制精密的机器人设备的方法。”如果未来这种既“无创”“无须手术”、又“无额外植入物”的方式，实现了用大脑直接控制精密机器人（假肢）设备，这将是人类的重大福音。

美国国防部高级研究计划当局（DARPA）正在进行一个项目，其项目经理称，该项目

尝试通过在人脑中植入一种设备，将大脑活动转换成有意义的电子信号，从而“打开人脑与现代电子产品之间的通道”(脑机接口)。该机构将为这项工作投入 6 200 万美元，作为其神经工程系统设计计划的一部分。而且，它绝不是唯一一家从事此类项目的公司，其他几家公共和私人的团体，都在探索可能的极限。[9]

自 2022 年以来，中国各地官方政策对于虚拟现实、元宇宙等前沿科技产业的扶持力度日渐增强，各地相继出台行动方案，进一步带动了产业的发展。2022 年 10 月，工业元宇宙协同发展组织在北京正式成立，工业元宇宙协同发展组织将组建权威专家团队，梳理工业元宇宙发展路径，制定工业元宇宙顶层设计及中长期发展规划，定期发布《中国工业元宇宙白皮书》；构建工业元宇宙核心标准体系，逐步开展重点领域标准制定。国家工信部部长金壮龙 2023 年 3 月 1 日在国新办举行的“权威部门话开局”主题新闻发布会上表示，“将前瞻布局未来产业，研究制定未来产业发展行动计划，加快布局人形机器人、元宇宙、量子科技等前沿领域”。集合多项数字技术功能的工业元宇宙将成为制造业转型重生的新时空和新路径。

（二）工业元宇宙，机器视觉虚拟量测实现提质增效

格创东智科技有限公司(简称格创东智，其“东智工业应用智能平台”是 2022 年 5 月中国工信部确认的 28 家“双跨”工业互联网平台之一)是 2018 年由广东 TCL 集团投资创立的工业互联网平台公司。依托 TCL 集团 40 年制造经验和大型集团数字化转型实践经验，公司沉淀了面向制造业多场景的核心技术能力，成熟的场景化解决方案，建设模块化的可复制的平台系统，由点带面推动制造业转型升级。其“东智工业应用智能平台”可以基于行业经验、知识建立工业算法库、工业模型库，以微服务的形式包装在工业化平台中。aPaaS（application Platform as a Service，应用程序平台即服务）还可以借助平台，形成工业 APP。

公司提供了多种端到端的数据库，比如数字工厂中应用的设备健康管理系统 EHM、机器视觉“东智天枢”等。如在半导体生产过程当中，晶圆在研磨时，由于压力控制不准确会导致晶圆膜厚偏厚，通过虚拟量测工具能够建立起膜厚和其他参数之间的关系，指导操作人员调整参数，从而获得理想的结果。虚拟量测工具能够实现真正意义上的在线测量，助力半导体行业发展。目前，格创东智已与数百个大中型制造企业合作建设智能制造标杆、垂直行业平台、数字化能力平台，在半导体、电子信息、新能源、石化、汽车零配件、钢铁、医药等 30 多个行业发挥作用。[10]

四、工业元宇宙：制造业在物理世界与数字世界融合中转型升级

（一）元宇宙时代的机器学习，催生企业组织架构重组及人力资源管理创新

1.机器学习的三要素及三类学习

在元宇宙时代，机器学习是实现人工智能的技术之一。机器学习，即通过数个（数十或更多）超级计算机在工业互联网中的反复学习，从样本中发现规律和特征。机器学习的三要

素是：信息科学、计算机环境、大数据。“信息科学”是机器学习的深度学习类算法；“计算机环境”是指超级计算机或者云计算技术这样的计算机资源；“大数据”是为机器学习的使用目的而准备的海量数据。机器学习有多种分类方法。可分为“有监督学习”“无监督学习”“强化学习”三类。“有监督学习”就是需要（标准或范例）样本正确答案的机器学习；“无监督学习”是指不给予标准答案的机器学习（“半监督学习”则是出于上述两者之间的形式）；“强化学习”是对不明答案的问题反复试错进而摸索找出答案，是一种接近人工智能的机器学习方式。今天，非常成功的数字技术模型“神经网络”基本上也被列入“有监督学习”类。AI 技术中最有名的“深度学习”（或“深层学习”），其阶层构造也属于神经网络中特别深层之列。“神经网络”是使用数字技术模型表现人类大脑中的神经网络。[11]（P.4-12）

2.机器学习助推企业组织架构、流程及人力资源管理创新

元宇宙时代的机器学习等人工智能技术应用，助推企业的组织架构、流程重组以及人力资源管理创新，提升了企业运营效率和竞争力。高盛集团 2000 年左右仅总公司年收入 100 万美元以上的交易员有 600 人。但是，通过运用机器学习掌握交易员的交易方法，计算机进行股票自动交易逐步占据多数，2017 年，其交易员只剩下了两名。目前，高盛集团员工的 1/3 约 9000 人是计算机工程师。[11]（P.126）

三一集团在数字经济新时代形成了新的组织愿景：五年内实现销售收入从 2021 年度的 1700 亿元到 3000 亿元的跨越；大幅调整人员结构，将当 2020 年末的近 3 万人规模的产业工人团队缩减至 3000 人，将不到 5000 人的研发、工程师团队扩增到 3 万人；彻底从一个劳动密集型企业转型成为一个知识密集型企业。集团所有员工都成为组织变革的动力。在集团层面，除董事长亲自负责之外，专门设置高级副总裁直接负责与数字化战略执行相关的领导工作。成立智能研究院，负责整体的数字化研究。提升数字化转型的重要推动力量 BPIT 部（业务流程与 IT 部）在企业里的地位，大幅增加数字化人才。在部门层面，将过去紧耦合的、中心化的数字化转型权力部分下放到事业部和子公司，让专业的数字化团队深入集团每个角落，做到松耦合。要求各个职能总部、各个事业部成立智能本部，设置负责数字化转型的研究中心。[12]（P.25）

3.机器学习扩展了人类认知的瞬时空间

在工业互联网中，通过多台超级计算机的数据交换实现机器学习，把人类的认知、沟通和学习的能力赋予了机器；同时通过机器学习，又进一步扩展了人类认知的瞬时空间，强化了人类认知的能力。例如，在欧洲飞行的航空发动机和在中东沙尘暴里飞行的航空发动机，都把数据传到工业互联网上。这样，一台从没有到过中东的航空发动机，也能知道天气对飞行有哪些影响，如果某一天它突然需要飞中东，就能够在网络中自己学习到有关中东气象和环境知识，并对自己的运行加以调整.连到网络中的机器越多所储备的数据越多，机器的学习能力就越强。整个工业互联网把“智能机器”、“高级分析”和“工作中的人”这三大元素整合到一起，系统地提升制造业的运行模式（兔哥，2016）。[13]（P.95-97）

4.数字员工与数字轮值 CEO

虚拟数字人，从技术角度看，是指通过计算机图形学、语音合成技术、深度学习、类脑科学、计算科学等聚合科技创设的，并具有多重人类特征(如人的外观、行为，甚至思想或价值观)的虚拟形象。（陈龙强、张丽锦，2022）。[14] (P. 6-7)

（1）虚拟数字人具有三个重要特征：一是具有人的虚拟形象，需要借助物理设备呈现，但不是物理实物，这是其与机器人的核心区别；二是具备独特的人设，有自己的性格特征和行为特征；三是具备互动的能力，未来虚拟数字人将能够自如地交流、行动和表达情绪。虚拟数字人是一个统称，又称为虚拟人或数字人，按不同的应用场景又可以分为虚拟偶像、数字员工、虚拟主播等。虚拟数字人的商业化已经走上快车道，在现实实践中按照技术、应用、呈现方式可以分为不同的类型。从技术层面，虚拟数字人可以分为真人驱动型、智能驱动型两大类。真人驱动型强调"人机耦合"，是目前相对成熟的一个领域，发展到完全的智能驱动需要经过一个长期发展过程。在虚拟数字人的人设打造和运营上，从专业的数字人经纪公司全面运营到 OpenAI(美国一家人工智能非营利组织)使用 ChatGPT 聊天机器人，从谷歌 AI 大模型 Palm2、微软的 New Bing chat，到北京面壁智能公司与清华大学共同研发的大模型“超级英雄”——XAgent，数字人的商业模式和应用场景也在飞速迭代。

2022 年年底，OpenAI 推出 ChatGPT 引发全球热潮，加速 AIGC（Artificial Intelligence Generated Content，生成式人工智能）技术和应用的发展，标志着人工智能进入普及应用阶段。AIGC 作为人工智能技术的重要组成部分，在商业社会中扮演着越来越重要的角色。在诸多 AIGC 工具中，基于 GPT 的应用可以让用户通过自然语言快速生成应用和内容，包括低代码、RPA 等工具也可以借助 GPT 自动生成用户需要的程序。用友网络公司董事长兼 CEO 王文京认为：“基于大模型的生成式人工智能是人工智能技术和应用的最新发展潮流。大模型的研发训练已成为全球产业界的风潮。”[15]

调研机构高德纳咨询公司（Gartner Group，成立于 1979 年，是美国一家信息技术研究分析公司）预判，到 2024 年将有 40%的 AI 应用是生成式 AI 应用；到 2026 年将有超过 1 亿人和机器人同事（生成式 AI）一起工作或有一个 AI 助手；到 2027 年，将有近 15%的新应用程序由 AI 自动生成，无需人工参与。中国科技部新一代人工智能发展研究中心发布的《中国人工智能大模型地图研究报告》显示，“我国研发的大模型数量排名全球第二，仅次于美国，目前我国 10 亿参数规模以上的大模型已发布 79 个”。[15]

（2）任命数字人为公司轮值 CEO。网龙网络公司(NetDragon Websoft Inc.，香港联交所股份代码：00777.HK，总部位于福建省福州市)成立于 1999 年，曾连续八年入选国家工信部发布的“中国互联网企业百强榜”。2020 年，网龙旗下 Edmodo 入选联合国教科文组织推荐的远程教学平台名单。2022 年财报显示，网龙公司营业总收入 78.66 亿元，同比增长习能力就越强。整个工业互联网把“智能机器”、“高级分析”和“工作中的人”这三大元素整合到一起，系统地提升制造业的运行模式（兔哥，2016）。[13] (P. 95-97)

4.数字员工与数字轮值 CEO

虚拟数字人，从技术角度看，是指通过计算机图形学、语音合成技术、深度学习、类脑科学、计算科学等聚合科技创设的，并具有多重人类特征(如人的外观、行为，甚至思想或价值观)的虚拟形象。（陈龙强、张丽锦，2022）。[14] (P. 6-7)

（1）虚拟数字人具有三个重要特征：一是具有人的虚拟形象，需要借助物理设备呈现，但不是物理实物，这是其与机器人的核心区别；二是具备独特的人设，有自己的性格特征和行为特征；三是具备互动的能力，未来虚拟数字人将能够自如地交流、行动和表达情绪。虚拟数字人是一个统称，又称为虚拟人或数字人，按不同的应用场景又可以分为虚拟偶像、数字员工、虚拟主播等。虚拟数字人的商业化已经走上快车道，在现实实践中按照技术、应用、呈现方式可以分为不同的类型。从技术层面，虚拟数字人可以分为真人驱动型、智能驱动型两大类。真人驱动型强调"人机耦合"，是目前相对成熟的一个领域，发展到完全的智能驱动需要经过一个长期发展过程。在虚拟数字人的人设打造和运营上，从专业的数字人经纪公司全面运营到 OpenAI(美国一家人工智能非营利组织)使用 ChatGPT 聊天机器人，从谷歌 AI 大模型 Palm2、微软的 New Bing chat，到北京面壁智能公司与清华大学共同研发的大模型“超级英雄”——XAgent，数字人的商业模式和应用场景也在飞速迭代。

2022 年年底，OpenAI 推出 ChatGPT 引发全球热潮，加速 AIGC（Artificial Intelligence Generated Content，生成式人工智能）技术和应用的发展，标志着人工智能进入普及应用阶段。AIGC 作为人工智能技术的重要组成部分，在商业社会中扮演着越来越重要的角色。在诸多 AIGC 工具中，基于 GPT 的应用可以让用户通过自然语言快速生成应用和内容，包括低代码、RPA 等工具也可以借助 GPT 自动生成用户需要的程序。用友网络公司董事长兼 CEO 王文京认为：“基于大模型的生成式人工智能是人工智能技术和应用的最新发展潮流。大模型的研发训练已成为全球产业界的风潮。”[15]

调研机构高德纳咨询公司（Gartner Group，成立于 1979 年，是美国一家信息技术研究分析公司）预判，到 2024 年将有 40%的 AI 应用是生成式 AI 应用；到 2026 年将有超过 1 亿人和机器人同事（生成式 AI）一起工作或有一个 AI 助手；到 2027 年，将有近 15%的新应用程序由 AI 自动生成，无需人工参与。中国科技部新一代人工智能发展研究中心发布的《中国人工智能大模型地图研究报告》显示，“我国研发的大模型数量排名全球第二，仅次于美国，目前我国 10 亿参数规模以上的大模型已发布 79 个”。[15]

(2)任命数字人为公司轮值 CEO。网龙网络公司(NetDragon Websoft Inc.，香港联交所股份代码：00777.HK，总部位于福建省福州市)成立于 1999 年，曾连续八年入选国家工信部发布的“中国互联网企业百强榜”。2020 年，网龙旗下 Edmodo 入选联合国教科文组织推荐的远程教学平台名单。2022 年财报显示，网龙公司营业总收入 78.66 亿元，同比增长过程的数字孪生可以识别出在严重问题发生之前进行预防性维修或维护的变化幅度；六是跨学科合作，来自数字孪生的运营数据随时可用，可以轻松地跨学科共享，从而实现协作，改善沟通和更快地制定决策。

2020 年 4 月，中国国家发展改革委、中央网信办在《关于推进“上云用数赋智”行动 培

育新经济发展实施方案》中提出，开展数字孪生创新计划。元宇宙按照其预设的逻辑来说，每个用户都有孪生的数字自我，通过化身乃至化身的分身与增强现实的元素进行流畅互动。“数字自我在元宇宙的经历与现实自我在原初现实中的经历融汇在一起，数字自我与现实自我既相对区分地作为主体，又合二为一地作为主体（沈湘平，2022）”。[18] 工业元宇宙也是如此，数字设备（或场景）与现实设备（或场景）既相对区分地作为主体，又合二为一地作为主体。

（三）西门子(Siemens)物联网操作系统，融合真实世界与数字世界

西门子公司的物联网操作系统 MindSphere，融合了真实物理世界与数字虚拟世界，利用强大的工业应用和数字化服务，借助开放通信标准，其他供应商提供的设备、资产和自动化系统也可以将数据传送至 MindSphere，确保了同一平台可供多方供应商和客户使用，并可以对多种数据分析技术组合运用。MindSphere 提供了广泛的设备与企业系统连接协议选项、工业应用、高级分析以及一个创新的开发环境，该开发环境利用西门子的开放式平台服务 (PaaS) 功能以及阿里巴巴云服务。

“目前,世界互联网上已连接了约 80 多亿个设备，到 2030 年，这一数字将达到 1 万亿（雷万云，姚峻，2019）”。[19]（P.242-244）西门子专用于交通行业的 Riligent 是针对铁路运输业而开发的，用于管理铁路资产，提高资产可用性和效率，减小运营风险和成本，以及改善可维护性。它包含用于全部车辆和基础设施的远程监控、快速诊断和故障预防预测等功能。其应用包括：车辆健康状态与位置可视化、组件（变速箱、轴承、曳引电动机、门、变压器等)故障预测、运营支持、状态分析、故障预测和铁路网络吞吐量分析。[19](P.253)

西门子与河钢集团于 2016 年 10 月建立了全面战略伙伴关系，在数字化领域进行了广泛而深入的合作，并建立了联合实验室。2019 年 6 月，河钢集团成为中国首家接入西门子 MindSphere 工业物联网即服务解决方案的钢铁企业，西门子 MindSphere 与河钢数字研发平台的物联网采集技术、三维可视化技术充分融合，形成智慧轧机解决方案，帮助河钢集团衡板公司优化轧机运行。借助 MindSphere，衡板公司为其轧机建立了虚拟世界里的数字孪生体，可实时采集设备运行过程中的轴承、电机等设备的振动、温度、张力、电耗等关键参数，并将它们传输至 MindSphere 平台进行分析。基于分析结果，衡板公司能够以数据指导生产，制定更优的维护计划，甚至预测可能发生的潜在故障。“在大数据和云计算技术的赋能下，企业降低对工人经验的依赖，实现轧机的科学维护，提高了生产效率、产品质量以及成品率。该项目完成后成品率超过 99%”。[20]

4. 汽车工业数字孪生方案，助力优化设计与产品创新

西门子用于创建汽车领域数字孪生（Digital Twin）的整体方案，能够减少新车开发期间所需的原型车数目，并能够预测生产单元和产品本身的性能。西门子模拟中心（Simcenter）是为研发数字孪生开发的全新平台，是一个灵活、开放和可扩展的仿真和测试解决方案组合，支持企业在数字化转型中的各类创新活动。Simcenter 将系统仿真、3D CAE

（计算机辅助工程）和测试集于一身，可帮助企业在早期和整个产品生命周期内预测所有关键属性的性能，并将基于物理场的仿真与通过数据分析得出的洞察相结合，帮助优化设计与产品创新。汽车工业数字孪生方案能确保根据客户定制化需求进行柔性生产。

1.汽车工业数字孪生的三个方面

西门子在汽车工业中的数字孪生方案，是汽车或生产装置的精确虚拟模型。包含三个方面：一是产品的数字孪生，在一个完全虚拟的环境中进行设计和仿真；二是生产的数字孪生，可在一个全虚拟环境中规划整个生产过程；三是“性能”的数字孪生（包括生产性能与产品性能），产品和生产设施不断向其输入数据，随后在云中对数据进行分深入分析以实现整个价值链的连续优化。

2.实现产品和生产运营生命周期智慧决策

如位于德国莱比锡（Leipzig）的宝马集团(bmw group,总部位于德国慕尼黑，汽车品牌宝马、劳斯莱斯、MINI)汽车厂，通过数字孪生将自动引导车 (AGV，也称智能搬运车)无缝集成到 BMW i3 车生产过程中，通过标准化的 SIMATIC（全集成自动化软件）和驱动部件，由 SIMOVE（西门子基于博途 TIA Portal 打造的全集成自动化编程软件）进行控制，最大限度提高生产灵活性。2020 年 7 月 ，西门子（中国）有限公司(Siemens Ltd.,China)荣获福布斯与世界人工智能大会（WAIC 2020）联合颁发的工业互联网“湛卢奖”——技术创新奖。

五、工业元宇宙：物理世界与数字世界交互中远程监控和诊断

（一）远程监控和诊断，助力安全生产与提质增效

GE 的一个主要产品：燃气轮机，每台上面都有 100 多个实际传感器，还有 300 多个虚拟传感器。所谓虚拟传感器，就是在某些恶劣的环境下，需要那个地方的数据，可以根据算法用软件模拟出一个虚拟的传感器。所有这些传感器采集的海量数据都被传送到位于美国亚特兰大（Atlanta）的监控和诊断中心，50 多名工程师每年能够对 3 万 5 千多次的预警进行分析，包括燃气机热性能、烧室排气温度、转子震动幅度等。目前，GE 每天都从全球 1 500 多台燃气轮机和发电机组上抓取数据。数据科学家针对海量数据开发了几十种算法，目前可以对 150 多种潜在故障进行预警。在 2014 年，GE 已经为来自 58 个国家的个客户电站服务，提供了 8 000 次限幅，帮助客户避免了 30 多次的非计划停机检测。GE 的这种电站装备运维服务对于电站客户来说价值非常高。从卖设备到卖服务，GE 的服务就是基于这种工业互联网带来的海量数据。

公开数据显示，GE 在全球拥有 3 500 多台燃气轮机、2 万多台风力发电机、2 万多套油气设备，3 万多台航空公司商用发动机、2 万多台机车，数百万台医疗设备，所有资产大概为一万亿美元。这些设备中包含 1 000 万个传感器，5 000 万个数据元素。[13]（P.156-157）

（二）工业云操作系统，“数字孪生”赋能增效

“数字孪生是物理产品的数字化影子，通过与外界传感器的集成，反映对象从微观到宏观的所有特性，展示产品生命周期的演进过程，实现了涵盖产品设计、生产、运维各环节的

无缝集成（孙延明等，2020）”。[21] GE 的制造执行系统（Proficy MES）可以通过数据集成，工业物联网（IIoT），机器学习和预测性分析提供的见解和智能，来转变客户的制造业务。 通过将数字世界与制造业的物理世界融合在一起,为互联企业提供整体绩效管理。GE 的运营绩效管理系统（Predix OPM）是一个完整的本地控制到云分析解决方案，旨在管理可变的流程，并预测和改善产品质量。Predix OPM 利用机器学习和最新的分析技术，不断改进流程，优化生产线和工厂的性能，减少浪费和成本，同时可提高企业的产量、质量和效率。

GE 可以根据收集到的设备运行现场测试数据构建其产品（如喷气发动机）的“数字孪生”。然后，工程师可以模拟飞机遇到寒冷天气、炎热天气、尘雾天气、暴雨天气，甚至鸟群时的状况并根据虚拟情况进行测试.该公司还监测着 1 万台风力发电机的涡轮机，它们的数字孪生正在帮助涡轮机适应实时环境。由于这些数据分析得出的观点是，最好根据风向让前置涡轮机的运转速度比工程师预计的速度慢一些。“当前置涡轮机吸收较少能量时，后面的涡轮可以接近其最佳运转水平，从而提升整体产生的能量，这个程序表明数字孪生技术不仅可以应用于单个产品，还能用于全面优化整个风电场的运行情况，根据 GE 的数据，数字孪生可以使风电场的产量增加 20%，并在风电场的 100 兆瓦的使用周期内创利 1 亿美元（保罗·多尔森，詹姆斯·威尔逊，2018）”。[22]

六、工业元宇宙是制造业数智化转型的新时空

工业元宇宙是工业物理现实、虚拟现实和增强现实的相互融合。工业元宇宙主要从三个层面理解：第一，工业物质资料层，指工业元宇宙发展无法脱离工业生产中的厂房、机器设备、原材料和能源等物质资料，它与具象的工业生产高度相关；第二，工业技术层，在既有工业物质资料的基础上，工业元宇宙通过持续不断的技术研发和产品与服务创造满足消费者的物理和心理需求，主要包括 VR/AR/MR 等扩展现实技术和数字孪生技术等共同构成的复合技术层，沉浸性、互动性是其显著特点；第三，工业交互层，在工业物质资料层、技术层等支撑下形成不断成熟的交互层，企业研发、生产、管理和服务人员同时在物理世界和虚拟世界中完成一系列社会生产与服务活动，生产者与消费者在物理世界和虚拟世界中沟通交互、共创价值。

（一）五部门发布《三年行动计划》，以构建工业元宇宙、赋能制造业为主要目标

2023 年 9 初，中国工业和信息化部、教育部、文化和旅游部、国务院国资委、国家广播电视总局等五部门联合印发《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023—2025 年）》（工信厅联科〔2023〕49 号），以构建工业元宇宙、赋能制造业为主要目标，以融合新一代信息技术融合创新为驱动，从构建先进元宇宙技术和产业体系、培育三维交互的工业元宇宙、打造沉浸交互数字生活应用、构建系统完备产业支撑、构建安全可信产业治理体系等 5 方面提出了 14 条重点任务。

1.探索推动工业关键流程的元宇宙化改造

建设工业元宇宙基础通用模型数据库，打造高精度、可交互的工业虚拟映射空间。支持制造企业建设工业元宇宙仿真设计与验证平台，布局生产环节应用，提升设计阶段有效性和生产阶段效率。积极探索基于元宇宙的产线运维、产品检测新模式，强化预测性维护，提高运维检测效率和服务质量。打造基于工业元宇宙的营销平台和虚拟培训系统，提供沉浸式销售和培训环境。

2.加快重点行业工业元宇宙布局

针对家电、汽车、船舶、重大技术装备、电子信息制造等离散型制造业，加速实现基于工业元宇宙的跨行业协同。构建重点行业机理模型库，开发面向不同产品的个性化全生命周期管理系统。针对钢铁、纺织、电力等流程型制造业，推动工业元宇宙在物料配方优化、工艺模拟仿真等关键场景中的应用，强化流程排产、物料计算、材料追踪等预测性服务能力。

3.探索工业元宇宙创新应用模式

支持建设工业元宇宙数字身份管理平台，构建全链路可信识别服务体系。加快推动区域工业数据要素资产化，打造工业数据资产服务平台，探索工业数据确权、定价、交易和流通机制。探索供应链金融应用模式，围绕资产设备、订单数据等开展供应链金融服务。打通区域产业链供应链各环节数据壁垒，打造三维立体、虚实融合的动态监测、预警、运营和决策等应用。

（二）工业元宇宙的体系构成和应用场景

1.体系构成

工业元宇宙主要由五大体系构成，包括技术体系，标准体系，产品体系，服务体系和保障体系等。 工业元宇宙的技术体系尚处于不断演进与发展的阶段，“目前主要由时空引擎+实时渲染+大规模建模技术，自然交互技术，区块链技术，网络通讯与算力技术，人工智能技术，物联网/传感技术，数字孪生技术等构成。其中，工业元宇宙的热点技术包括 5G、算力网络、虚拟现实/增强现实技术、数字孪生技术、人工智能技术、区块链技术、工业元宇宙平台及先进计算等”。[8]

2.应用场景

从产品全生命周期的角度来看，工业元宇宙已在工业的研发阶段、生产阶段、管理阶段、销售阶段、实训阶段实现不同程度的应用；从工业系统的层级来看，工业元宇宙已实现设备级、产线级、工厂级、产业链级应用，皆大幅度地促进了企业提质降本增效、服务产业链治理与供应链优化。

（三）工业元宇宙应用的主要目标

1.强化技术储备

以新一代信息技术的集成运用为主线，系统梳理工业元宇宙在硬件设施、基础软件、虚拟平台、内容生产以及行业应用等方面产业链的现状，研究工业元宇宙科技创新的长远发展，瞄准重点突破以及集成运用的短板，拓展现有长板，制定和部署元宇宙相关技术攻关的战略

规划，有针对性地分步实施一批重点工程。

2.加快标准研制

“依托区块链、人工智能、AR/VR、脑机接口、图形图像等已有的标准化组织，统筹国内标准化工作力量，加快工业元宇宙标准化路线图的研究和标准体系的建设。围绕工业元宇宙技术架构，系统集成和互操作数据资产交换等标准化需求，开展基础类、技术类和应用类重点标准的研制”。[11] 同时，实时跟踪国外在元宇宙方面的标准动态，与国外标准做好交流和衔接。

3.培育应用场景

聚焦工业中研发设计、生产装配、远程协同、销售、培训等渠道，以及工业文化数字藏品、数字人等细分领域的场景，推动工业元宇宙创新。依托制造业转型、数字中国建设等，促进工业元宇宙在工业制造、冶金、农林、港口、矿山、航空航天、能源、交通运输、水下工程等大规模场景的应用，提升工业元宇宙深度应用水平。通过场景的应用拉动来推动工业元宇宙的发展，达到数字化转型和提质增效的目的，推动我国制造强国和智能制造等目标的实现。

4.构建产业生态

构建开放竞争、绿色、创新、可持续的工业元宇宙产业生态，加强工业元宇宙系统运营服务产业，产业链供应链韧性明显增强。在重点工业城市建设工业元宇宙赋能创新中心，形成一批有影响力和特色化的工业元宇宙产业聚集区。

（四）工业元宇宙：助力工业产品设计优化

1.工业产品虚拟化达到可制造的水平

在工业领域，工业产品的虚拟化将达到可以实际生产的水平。在现实中，企业往往根据职能分成设计师、工艺师、车间工艺师、车间生产工人、班组长、调度员等，在工艺和生产方面，设计师往往考虑得相对较少，这样就导致从设计到生产的过程中容易出现问题。进入元宇宙时代，“工业元宇宙将为提升虚拟化水平创造条件，如国产工业软件更具性价比，可以实现从三维设计(CAD)的普及化，到计算机辅助制造（CAM）的普及化、计算机辅助工程（CAE,仿真分析）的普及化”。[23] 开展虚拟仿真分析时，不仅要考虑企业自身水平，也要考虑世界同行水平和客户需求水平，从而确立领先地位。达到这样水平的虚拟工业产品可以大幅提高一次制造成功率，使产品在市场上更具备竞争力。

2.虚实结合的工业产品

工业产品不仅仅是一台单纯的设备，还包括备品备件、安装调试、维修服务等内容。在物联网、工业互联网、5G 移动网络的基础上，工业产品将更加智能化、智慧化。工业产品的使用说明已从早期的使用书（包括文字与二维示意图），发展到三维的拆卸、安装爆炸图，再到提供二维码、查看拆卸安装的视频，乃至基于 VR、AR 的应用与维护训练。随着元宇宙时代的到来，工业产品的能力将大幅提升，如工业机床设备、机械臂、机器人等。机床设备可引入视觉识别技术，应用人工智能，快速实现零件装夹；“水稻插秧机器人经过设置后，

可以自动规划路线、自动提升插秧台，在遇到树、电线杆等障碍物时会自动绕行；一架植保无人机喷洒农药，每小时作业量可达 50∽80 亩，效率是人工的 40∽60 倍，同时可以节约 50%的农药使用量及 90%的用水量”。[23] 元宇宙时代的工业产品，不仅可以前端作业，而且可以有近端的大数据、人工智能、算力支持，远程的人员支持、控制、操作与管理，乃至基于整体互联网生态的数据、知识、智能迭代升级。

3.更加美化、人性化的工业产品

传统的工业品给人冷冰冰的感觉，而进入元宇宙时代，不论是面向消费者的手机、冰箱、彩电、汽车等，还是面向专业应用的机床设备、工程机械等，都将会更加注重人的感觉和体验，在产品的应用方面，也将结合人的能力、行为和心理，使产品更符合人的需求。

工业设计以美学为基础，涉及心理学、社会学、人机工程学等，是各种学科、技术和审美观念的交叉产物。在满足工业产品功能要求的基础上，通过合理的材料、构造、加工及装饰等，使产品具有新的视觉品质，符合时代潮流，协调应用场景，使人获得美的享受。

（五）工业元宇宙应用于工业制造过程的诸多场景

传统的工业制造过程包括设计、生产、销售与应用，而在元宇宙时代，营销变得更为重要，因此个性化生产、依单生产将占据越来越多的比例。基于互联网的供应链协同制造、区域协同制造、远程制造乃至跨国制造、云制造等将成为趋势。

进入元宇宙时代，工业产品的信息将发生巨大变化，从信息化到数字化，意味着信息更加精确，从定性到定量。信息的完整性、时效性、实时性也都将大幅提升，由于网络能力的提升，可以让生产者与客户、消费者建立起更强大的沟通场景，更好的沟通模式，从而取得更佳的沟通效果。例如，以往传递的是二维图，今后传递的可能是三维模型；可以传递产品的运动模型表达产品功能；可以传递仿真模型表达产品的刚度、强度。在制造过程中，客户、消费者可以实时掌握生产的进度；生产者遇到问题时可以及时处理，从而避免更大规模的损失；如有新的创意，可以及时落实。在产品的应用阶段，可以利用互联网、物联网、移动网络技术，实现从数字孪生到信息物理系统，进而实时性地远程仿真、操控、维护。

1.营销新模式

客户购买产品，核心是要满足某种需求。然而很多时候，客户的需求并不是确定的，因此就需要供需双方进行沟通。沟通内容既包括产品信息，也包括企业的生产能力、管控水平、价格与成本等。“如中车资阳机车公司在参与一个美国项目招标时，针对美方提出的原有产品存在局部缺陷的情况，根据美方提供的产品图纸进行建模，利用有限元软件进行仿真分析，重新优化了产品设计，最后赢得了订单”。[23] 进入元宇宙时代，与客户的沟通，生产过程的管控，工业产品的应用服务越来越多地需要转向线上，因此工业企业需要积极思考，利用虚拟化技术，更好地展现产品，展现生产能力和保障能力，从而满足客户的需要，为企业赢得发展的机会。

2.设计模式创新

工业产品往往相对复杂，涉及多个领域，因此产品的设计是一个复杂的过程，称得上是

一个开放的复杂巨系统。典型的就是个性化产品、客户定制产品，并不是所有零部件都需要定制，客户不可以随心所欲，而是要符合外在多样性、内部标准化的过程，综合考虑产品交期、质量、成本与服务便利性。

工业产品的设计也是一个过程，在元宇宙时代，更强调个人的创意，既包括客户、消费者的需求，也包括企业中高层管理人员、企业普通员工的创意，然后逐步从不确定性向确定性转化。在虚拟化阶段包括草图、二维图、三维模型、分析模型、加工模型等，进入实际生产也往往需要一个过程，如一般企业会有原型产品、初步设计产品、定型产品。

在整体的设计过程中，沟通协同无处不在，典型的有设计师与设计师、工艺人员、仓库物流员的协同，企业人员与相关供应链的协同，企业人员与客户、消费者乃至管理机构的协同。这些协同的场景都需要提升信息内容，数字化技术方面需要深化应用三维设计、装配模型、工业造型、仿真分析、优化设计等软件，物理方面需要利用摄像头云阵、先进的网络技术设备、大屏幕展示设备等，更好地展示、交互与体验，以获得更好的产品设计。

3.从智能制造到智慧制造

通常意义上的制造过程是物质的变化过程，有切削、挤压、镗铣、研磨等物理变化，有合成药品等化学变化，也有地理位置改变的运输变化；进入信息时代，这些变化过程中也都将包含信息的变化。同时，制造过程也是人的作业过程。虽然目前一些工作已经没有了人的参与，如全自动化工厂、黑灯工厂。但这种模式适用于工业产品的内在标准化部分，而不适用于完整的产品。作为整体的工业产品，需要人机结合。德国提出的工业 4.0 强调将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智慧化，实现互联，降低信息不对称，加速加强各方的联系与反馈，从而达到快速、有效、个性化的产品供应。

在元宇宙时代，智慧制造是智能制造的升级，也就是要强调那些隐性的问题，或者说需要改进的问题，强调宏观而不是微观，强调定性而不是定量，强调经验而不是逻辑，这样把人与智能设备结合起来，才可以真正生产制造出客户满意、经济价值高的工业产品。元宇宙理念与技术的典型应用包括：在产品生产之前模拟车间整体的生产过程；佩戴 VR 眼镜，在系统指导下，进行复杂零件的安装；企业生产人员更好地监控生产设备的状态；快速解决生产过程中的问题；海外客户可以远程掌握生产过程的状态，以保证产品符合质量要求；企业对生产线、生产过程、工业产品进行改进优化等。

（六）数智化转型的痛点即机遇

工业元宇宙，将提供制造行业一条数字化转型的全新路径。工业元宇宙助推制造业转型的必经之路，正是数字孪生平台。

制造业在数字孪生技术的应用中，仍存在诸多痛点：一是坐拥海量 GIS/BIM/OSGB（地理信息系统/建筑信息模型/三维模型数据格式）等时空数据，价值却不能真正发挥出来；数据除了必须轻量化、结构化，还必须进行多源数据的融合，但实现的技术门槛与成本居高不下；二是不同行业的应用开发千差万别，甲方需求频频变化，不容易自主地进行二次开发、

二次编辑，从而实现快速地响应、集成业务与交付；三是自由地进行数字孪生应用的全流程开发，需要专业人才；四是数字孪生技术系统需要一定的资金投入。

新痛点即新机遇。需要通过数字孪生 PaaS 平台来解决——借由开源、足够的自动化、低代码，让昂贵的技术平民化，让没有任何图形技术背景的开发团队或个人都可以快速应用，有效地降低门槛。不能把数字孪生理解为可视化，“可视化”仅仅是表象，其实质是数字虚拟世界与现实物理世界的交互和融合：透过数字世界测控、监控或低延时地改变现实世界，动态的现实世界又瞬时映射到数字世界。目前，数字孪生的应用越来越普及，例如港口行业，通过动态数据实时驱动，在数字孪生全要素场景下，能够覆盖从货物到港、装卸、转堆、仓储及出港的全周期作业仿真；在 5G 环境感知港口全量工业设备态势，还能实现人、车、物、法、环的数字孪生全模拟等等，数字孪生是制造业、物流业、服务业等行业数字化转型不可或缺的一步。

深圳创维-RGB 电子集团有限公司（简称创维）与中国电信合作，开展了“5G+8K 柔性智能工厂”项目建设，实现了虚拟现场服务场景的应用。利用自主研发的创维 8K VR 一体机设备和 5G 完美融合，形成“云管端”的整体解决方案。现场运维人员佩戴创维 8K VR 一体机，根据系统投射到视野前方的信息获得可视化指导帮助。信息辅助无法解决问题时，打开远程专家支持，专家以第一视角画面清晰获知现场情况，实时反馈至 VR 眼镜。该系统能够对疑似故障点进行动态跟踪，便于运维人员快速锁定生产装备的故障位置。通过记录疑似故障点，自动产生生产装备复查清单列表，实现对生产装备维修过程关键点复查确认。通过应用该技术，创维现场服务的效率提升了 5 倍，彩电单线产能提升 17.64%，一线质检员工减少 40%，出口提升 71.25%。[24]

（七）在数字世界中复制现实世界，实现智能化、人性化、众创化的创新管理

在工业元宇宙时代，通过工业物联网、云计算、大数据、人工智能、数字孪生等技术建设智能（慧）工厂是加快制造企业数字化转型的重要途径。传统制造业中小企业转型智能工厂，可选择以运营调度集中管控为契机，推进调度合署办公，实现智能管控与高效协同，强力支撑调度体系变革。通过数字孪生技术，并结合可视化呈现能力，在工厂的产销一体化经营管理系统上线，助力工厂推进制造、设备、能环、运输、保卫专业“五部合一”集中管控模式。通过智能工厂项目的转型，助力实现了制造管控、设备管控、运输管控、能环管控和安保管控五大主题场景的初步智能化。

1.生产管理和巡检管理的三维建模

通过全栈三维可视化技术来进行精细化建模，打造整个厂区环境，从园区、车间、生产流水线、设备的逐级可视，还原工厂车间布局，生产设备模型，生产工艺等，并展示各类设备的空间位置，清晰完整地展现整个工厂环境。同时，按照从原料入厂到成品出仓（含检验）的实际工艺流水线仿真展示生产的整体流程，表现关键设备动作、物料流向、生产流程流畅程度等；对接工艺流程系统，基于 3D 场景实时模拟工艺流水线的状态，如正常、故障、拥

堵等。在系统中模拟展示物料、AGV（智能搬运）车辆聚集情况，用户可通过调节特定工艺流程参数，模拟仿真工艺变化，调试最佳生产方案，发现生产线隐含问题，提高实际生产线工作效率。

基于数字孪生环境，可构建工厂孪生可视化环境，根据需要灵活规划巡检业务，支持主动与被动等多种巡检方式，管理者可实时查看当前园区内巡检工作完成度及人员位置，或利用机器人技术模拟完成虚拟巡检，大大提升实施效率和后期可维护性。

2.构建业务决策模型，助力企业数字化运营

基于数字孪生技术构建的智能工厂，能够直观地将厂区建筑及各领域管理要素得到精准复现，并基于全域数据信息，建立一系列业务决策模型，能够实现对当前状态的评估、对过去发生问题的诊断，以及对未来趋势的预测，为业务决策提供全面、精准的科学依据。基于数字孪生技术打造智能工厂，实现工厂的全要素数字化和虚拟化、生产管理实时化和可视化、设备运维协同化和智能化，助力制造企业实现数字化运营。

3.仓储管理 3D 可视化与智能化

以数字孪生技术为基础，以智能化、网络化、集成化、可视化理念为目标，实现仓储的库区、仓库、罐区、货架、设备等的逐级可视；以仓储监控为重点，集成视频监控、出入库、库存盘点、告警等各种管理系统，构建仓储管理的监控、预警、诊断、分析一体化的 3D 可视化平台。通过一站式数字孪生可视化管理平台，在数字世界中“复制”现实物理世界，并进行仿真、监测、分析和控制，实现可视化、智能化、人性化、众创化的创新管理模式。

七、构建完善顶层设计和场景示范，推进协同集聚生态与技术攻关

2023 年 6 月 1 日发布的《中共广东省委 广东省人民政府关于高质量建设制造强省的意见》（简称“制造业当家 22 条”）提出了“深化供给侧结构性改革，以实体经济为本，坚持制造业当家，把创新作为高质量发展的核心动力，加快推进新型工业化，着力实施大产业、大平台、大项目、大企业、大环境‘五大提升行动’，推动制造业高端化智能化绿色化发展，确保制造业重点产业链自主可控和安全可靠，加快实现由制造大省向制造强省跨越”的指导思想。到 2027 年，广东省制造业增加值占地区生产总值比重达到 35%以上，制造业及生产性服务业增加值占比达到 65%，高技术制造业增加值占规模以上工业增加值比重达到 33%，培育形成 10 个以上产值超万亿元的战略性产业集群，超过 10 家制造业企业进入世界 500 强，制造业创新能力显著增强、规模和效益同步提升，一批具有较强国际竞争力的龙头企业

和产业集群初步形成，在全球产业分工和价值链中的地位明显提升。“制造业当家 22 条”是广东省制造业 2035 年发展战略目标的规划与设计。

（一）完善顶层设计与全面场景示范

1. 完善顶层设计，强化统筹协调

一是健全推进体系，建议由省一级工信和科技管理部门围绕“实施大产业、大平台、大项目、大企业、大环境‘五大提升行动’，推动制造业高端化智能化绿色化发展”，展开工

业元宇宙谋划工作。统筹协调各部门，加强产业、创新、财政、金融、区域等政策协同，协同推进元宇宙技术攻关、标准制定、治理体系建设等工作。优化产业布局，因地制宜推动元宇宙技术创新和产业发展。研究制定工业元宇宙在制造业的实施方案，可考虑将工业元宇宙纳入数字化总体改革——数字经济系统体系。二是提前做好法律法规和标准的研究制定工作，鼓励行业高校及研究院所、企业团队、智库专家成立工业元宇宙联盟，重点开展工业元宇宙在制造业数字化转型中的应用以及工业资产所有权等研究。谋划开展元宇宙监管法规，关注科技企业垄断等重点问题，完善促进制造业高质量发展的法规政策和标准体系；三是探索激励创新的政策环境，借鉴北京、上海和深圳等地的创投模式，建议政府相关部门充分对接，设立工业元宇宙发展基金。建立健全包容审慎、有一定弹性的市场准入和监管环境；四是加快制造业产业链数字化改造，促进中小企业数字化转型；深入实施“金融+高端制造”工程，提高金融服务实体经济质效。

2. 构建全面场景示范

一是支持建设与优化城市“工业大脑”，探索工业元宇宙场景探索和挖掘，支持与第三方机构建立“场景创新促进中心”，形成一批可复制推广的经验做法；二是支持企业创新探索。鼓励阿里、百度、腾讯、华为、浪潮、东土科技等众多数字企业与制造企业联合开展工业元宇宙解决方案研究，展开场景试验实践，争取在钢铁、船舶、海洋工程、新能源、汽车、工程机械、家电、纺织、食品加工等重点行业形成一批解决方案；三是积极布局工业元宇宙基础设施，进一步推广 5G、工业互联网、工业物联网等新型基础设施建设，筛选试点园区布局 AI 工业区块链设施。

3. 构建协同集聚生态

一是打造特色元宇宙产业园区，支持以未来（高端）产业先导区、新产业平台等为承载主体，集聚一批工业元宇宙产业链上下游企业；二是加强区域协同，支持建设一批跨区域联合实验室、关键共性技术平台等。三是积极举办工业元宇宙领域的技能大赛、研讨会议和会展等活动，集聚国内外专家人才和项目资源，在全国率先形成工业元宇宙品牌。

4. 构建技术攻关体系

一是研究设立工业元宇宙科技专项，支持现有的省级重点研发计划拓展工业元宇宙相关技术专项，重点在 3D 虚拟化建模制作工具、AI 区块链、6G 高速通讯等关键技术制定扶持政策；二是鼓励联合开展技术攻关。由于工业元宇宙是系统性工程，鼓励不同的高校院校、企业团队等组建产业创新联合体，联合开展融合技术攻关；三是搭建一批工业元宇宙研究机构，借鉴发达国家未来产业研究所建设经验，融合区域新型研发机构建设模式，鼓励搭建跨学科、大协作、高强度的工业元宇宙协同创新基础平台。

(二) 构建以元宇宙为核心的产业链，在国际竞争中抢占先机

应坚持创新驱动，释放元宇宙集成创新动能，带动相关技术跨界融合发展；坚持补短板和锻长板并重，加速元宇宙关键核心技术突破，推动产业加速向高端化迈进。坚持场景牵引，开拓元宇宙应用场景，以场景建设带动元宇宙技术与产品落地应用，形成需求牵引供给、供

给创造需求的高水平发展局面；坚持融合互促，把握元宇宙虚实融合的特征，构建物理世界的虚拟映射，激发数字技术赋能、叠加、倍增作用，提升数字空间和物理世界生产力；应坚持安全可靠，统筹发展与安全，加强政策引导和标准引领，推动元宇宙治理体系建设；筑牢产业基础，增强产业链供应链韧性，提升安全保障能力；要坚持开放协作，深化国际交流合作，主动参与国际治理，实现互利共赢；要加强产学研用协作，有效配置资源，推动创新链产业链资金链人才链深度融合。

1.美、日、欧盟等正积极发展元宇宙产业

纵观全球，2021 年 3 月第一个元宇宙概念股罗布乐思（Roblox) 的上市将市场的目光吸引到了元宇宙概念上。2021 年 10 月，Facebook 宣布正式转型更名为 Meta。元宇宙开启了一个重要篇章，各大企业纷纷入局元宇宙。美国军方已制定元宇宙规划，且以谷歌、Meta、英伟达、特斯拉等为代表的企业已在工业设计等 B 端场景开启布局。2021 年初，宝马和英伟达运用数字孪生技术实现线上测试，规划阶段效率提高约 30%，整车制造阶段达到每 56 秒生产一辆车；2021 年 8 月，特斯拉开始着手建造数字场景，模拟真实摄像头数据，并让人工智能在其中进行模拟测试和拟合。此外，2021 年，韩国成立了“元宇宙联盟”并举行相关活动，日本 2021 于 7 月发布虚拟现实规划，争取在工业虚拟建模有所建树；欧盟则更多关注元宇宙世界的监管和规则问题。

微软 2022 年 1 月以 687 亿美元收购游戏巨头暴雪娱乐公司（Blizzard Entertainment，总部位于美国加州）为元宇宙布局。英伟达（NVIDIA，纳斯达克股票代码：NVDA，是一家人工智能计算公司；公司创立于 1993 年，总部位于美国加州）不仅为开发者提供绘制虚拟世界的软件，还提供了构建虚拟世界所需的算力，2021 年正式推出了虚拟协作和模拟构建的开放平台（Omniverse,定位为“工程师的元宇宙”)平台，这是一套帮助软件开发人员构建三维虚拟世界的工具，并在此过程中使用更多来自英伟达芯片的算力。国内市场上，腾讯公司也提出了“全真互联网”的概念。提出了虚实集成世界的四个关键技术点：现实虚拟化、虚拟真实化、全息互联网、智能执行体。而区块链作为元宇宙重要支柱之一，对于元宇宙的安全性和永续性的保证中扮演着重要角色。DeFi（Decentralized Finance，去中心化金融或“开放式金融”）为元宇宙的经济活动搭建了基础。

2021 年 9 月，全球涉及元宇宙业务的上市公司已超过五百家。一些国际咨询公司预测元宇宙的经济规模 2024 年将达 8 000 亿～15 000 亿美元。据《2023 年中国元宇宙行业市场前景及投资研究报告》预计，2022 年-2027 年中国元宇宙市场规模将保持持续增长趋势，预计 2027 年市场规模将达 1263.5 亿元。“2022 年 10 月，2022 服贸会 Web3.0 发展趋势高峰论坛上发布的《中国元宇宙发展报告（2022）》显示，中国元宇宙上下游产业产值超过 4000 亿元”[2]。 布局元宇宙的企业包括技术开发、投资、教育、物流、医疗等多种类型，覆盖元宇宙所需的资本供应、场景设计等多个业务，不断蔓延和延伸，形成多领域融合态势，迅速构建以元宇宙为核心的产业链。目前，关于元宇宙的国际竞争已经展开，主要集中在人才、

技术、融资、市场等领域。

2.上海等 10 多座城市制订"元宇宙"关键技术攻关行动方案

2022 年 5 月，杭州市首个"元宇宙"产学研联盟正式成立并举行钱塘元宇宙新天地开园活动。该联盟由浙江大学、浙江工商大学、东南大学、西安电子科技大学、杭州电子科技大学、浙江理工大学、中国计量大学、浙江传媒学院等高校发起；联盟将充分发挥各高校与元宇宙相关学科、专业优势，鼓励研究团队人员积极参与元宇宙等新业态的产学研用合作研究，为元宇宙产业注入高校人才智慧，助力数字经济高质量发展；未来将围绕数字孪生、人工智能、虚拟数字等元宇宙核心底层技术，以及游戏、社交、教育等元宇宙新型应用场景，引进培育一批创新型中小企业。2022 年 6 月 21 日，上海市政府常务会议研究并原则同意绿色低碳、元宇宙、智能终端发展行动方案；该行动方案指出要抢占先机，把握产业趋势和动向，推动高科技、高成长的中小微企业发展壮大；推动技术、产品、应用深度融合，促进产业集群式发展。2023 年 6 月,《上海市"元宇宙"关键技术攻关行动方案（2023—2025 年）》正式印发，为元宇宙关键技术的攻关注入澎湃动力。[25]

与此同时，以 ChatGPT 为代表的大模型，以 Apple Vision Pro 为代表的 MR 沉浸式设备等突破，也正催生着元宇宙的巨大变革。阿里巴巴集团下属企业继 2023 年 7 月领投 AR 眼镜公司-北京致敬未知科技公司天使轮融资后，2023 年 8 月阿里旗下杭州灏星企业管理合伙企业（有限合伙）入股奇点临近技术（上海）有限公司；奇点技术公司是一家以全天候智能眼镜为核心方向的科技创新创业企业。致敬未知科技公司和奇点技术公司创始人吴德周曾担任华为荣耀产品线总经理、字节跳动新石实验室总裁。[26]

来自上海的上海朱庇特创意设计有限公司的实质控股公司 MultiMetaVerse(简称"元宇宙控股")，成功借壳 SPAC(特殊目的现金公司,Model Performance Acquisition)，于 2023 年 1 月 5 日正式在纳斯达克挂牌上市（股票代码为:MMV）。元宇宙控股(MMV)是一家动漫娱乐公司，通过原创内容、用户生成内容和专业的用户生成内容,致力于为其全球用户建立一个由动漫观众、游戏玩家和内容创作者组成的开放社区。"据元宇宙控股招股书，收购合并的总对价为 3 亿美元，以新发行的 3000 万股普通股的形式支付，每股价值 10.00 美元"。[2]

3.夏季达沃斯论坛将元宇宙列入 2023 年十大新兴技术报告

2023 年 6 月 27～29 日在天津举行的世界经济论坛第十四届新领军者年会（又称夏季达沃斯论坛）发布了《2023 年十大新兴技术报告》，其中的生成式人工智能、改善心理健康的元宇宙、柔性神经电子学等三项新兴技术均与元宇宙有关。[27] 一是生成式人工智能（AIGC）：这种新型人工智能在 2022 年底因（美国人工智能研究公司 OpenAI）ChatGPT 发布而引起了公众广泛关注；生成式人工智能将在教育和研究等多个行业引发颠覆性变革。二是改善心理健康的元宇宙：未来的元宇宙结合可使用户获得触感或对用户情绪状态作出反应的下一代可穿戴设备，可成为改善心理健康的良方。三是柔性神经电子学：脑机接口能让大脑与外部计算机直接进行通信，在医学和神经科学领域将有潜力改变人类健康状况，如癫

痫、抑郁症或瘫痪的治疗。柔性电子学和更具生物相容性的材料已经出现了突破，这意味着患者可以获得更少侵入性且更舒适的体验。

（三）生成式人工智能（AIGC）与元宇宙的关系

埃森哲（埃森哲公司注册于爱尔兰，公司在人工智能领域已经拥有十年以上的领先地位，拥有全球超过 1,450 项专利和待批专利申请，以及数百个面向不同领域的客户解决方案，覆盖营销、零售和制造等多个领域）全球副总裁、大中华区企业技术创新事业部总裁俞毅（2023）认为，人工智能技术正在给我们带来全新的视角和可能性，这一技术也将会是未来生产力效率提升的关键点所在。技术的扩散和演进有一个过程，这种过程可能并不是我们简单认为的单向的曲线，甚至可能是非线性的变化。对于区块链、云计算、元宇宙乃至生成式 AI，我更倾向于将其视为组合式的技术创新给我们所带来的改变。它不是一个非此即彼的关系，而是相互融合的。比如在元宇宙当中，它同样需要用到生成式 AI 所提供的能力；在更为基础的技术上，元宇宙肯定也需要基于云计算的算力支持。“云计算、元宇宙和人工智能这三大关键技术趋势将定义未来十年，并推动现实世界与数字世界相互融合、相互交织。这一轮生成式人工智能的技术突破将产生深远影响，企业需要立即行动起来，对数据、人才和定制基础模型开展大规模投入，满足企业所需，实现技术价值。”[28] 当下企业正在面临全面的业务重塑，商业逻辑正在发生很大的变化，上一波数字化红利来源是商业模式的改变，而接下来我们所将拥抱的新一波红利来源，将会是人与整体效率在人工智能的帮助下得到新的提升。

为促进生成式人工智能健康发展和规范应用，维护国家安全和社会公共利益，保护公民、法人和其他组织的合法权益，国家网信办联合国家发展改革委、教育部、科技部、工业和信息化部、公安部、广电总局于 2023 年 7 月 13 日公布了《生成式人工智能服务管理暂行办法》（以下简称《办法》），[29] 自 2023 年 8 月 15 日起施行。《办法》提出，国家坚持发展和安全并重、促进创新和依法治理相结合的原则，采取有效措施鼓励生成式人工智能创新发展，对生成式人工智能服务实行包容审慎和分类分级监管，明确了提供和使用生成式人工智能服务总体要求；提出了促进生成式人工智能技术发展的具体措施，明确了训练数据处理活动和数据标注等要求；还规定了安全评估、算法备案、投诉举报等制度，明确了法律责任。

OpenAI 的 CEO 山姆•奥特曼（Sam Altman）2024 年 1 月参与比尔•盖茨（Bill Gates）的播客节目《为我解惑》（Unconfuse Me）时直言，“AI 将引发人类历史上‘最快’的一次技术革命。”比尔•盖茨也认为，“AI 将迫使我们人类以前所未有的速度适应这次变革。”奥特曼说：“我认为科技将迅速朝着具有十万或百万倍 GPT-4 计算能力的系统发展。”“每一次技术革命都变得更快，这将是迄今为止最快的，劳动力市场将会因为 AI 而迅速发生改变，但是很多人还没有做好准备。”“大模型将能够处理文本、图像和视频等多种媒体的数据。OpenAI 已经发布了支持图像和音频输入、输出的功能，反响比预期更热烈。”[30]

八、结 论

元宇宙意义上的虚拟世界是立体、交互、泛在、永恒在线的本体性存在。正是在这个意义上，元宇宙的出现(不管已经出现的还是将要出现的)对人类来说是一个大事件，因为它意味着一个新世界的来临。在这个新世界中，个人实现了感知的极大拓展，打开了一个超现实、超历史的可能性时空，其参与度交互性、开放性以及激发出的人的创造性是原初现实世界所不可同日而语的。“理想状态下，即在打通诸我形成共同世界的意义上，元宇宙事实上将在数字世界中达致现实中目下难以企及的全球社会，或者说我们有可能先在虚拟世界中实现马克思所谓的‘人类社会或社会化的人类’，朝向‘自由人的联合体’发展，而这种可能与朝向无疑有助于人类命运共同体的现实构建（沈湘平，2022）”。[18]

（一）工业元宇宙将助推中国制造企业变革、转型

中共二十大《报告》指出:“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。”“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。当前，数字化、网络化、智能化正以不可逆转之势改变人类社会，助力制造业转型创新。工业元宇宙将助推中国制造企业变革、转型，助力企业围绕产品全生命周期的各个环节融入能够带来市场价值的增值服务。

（二）工业元宇宙是数字经济创新和产业链拓展的新疆域

中国国务院在 2022 年 1 月 12 日发布的《“十四五”数字经济发展规划》中强调，要“引导企业强化数字化思维，提升员工数字技能和数据管理能力，全面系统推动企业研发设计、生产加工、经营管理、销售服务等业务数字化转型”。制造企业要时不我待，加快推动研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等全生命周期数字化转型，持续推进数智化转型向纵深发展。元宇宙被认为是下一代互联网雏形。在 2021 年的全球合作伙伴大会上，微软提出了“企业元宇宙”方案，从微软擅长的办公应用场景出发，推出了元宇宙办公平台(Mesh for Teams)和 365 连接空间两款软件，用于线上会议和企业数据管理;微软还将通过游戏机(Xbox)平台，开发完全沉浸式的元宇宙游戏系列。微软首席执行官萨提亚•纳德拉（Satya Nadella，2021）在谈到该公司的元宇宙平台时表示：“今天我们展示的只是开端，现在元宇宙这个新平台、新应用程序，与我们在 20 世纪 90 年代初谈论网络和网站时无异。”[31]

2022 年 1 月，中国移动通信联合会元宇宙产业委员会公布了首批成员接纳名单；上海、北京、杭州、武汉等地先后把元宇宙产业写入政府发展规划，这是我国地方政府对元宇宙相关产业发展的集中表态。“元宇宙剑指互联网的‘终极形态’，是数字化未来的一个更具象化的综合体，是数字经济创新和产业链拓展的新疆域，随着 AR、VR、5G、云计算等技术的成熟度提升和沉浸感、参与度、永续性的实现，元宇宙将在数字化的世界中去重构现实中的社交、生活乃至经济与社会系统（邢杰等，2021）”。[32] (P.125)

（三）工业元宇宙是数字经济与实体经济融合发展的新时空

2023 年 12 月，中央经济工作会议提出要以科技创新推动产业创新，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力。新质生产力是由技术革命性

突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的当代先进生产力，它以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的质变为基本内涵，以全要素生产率提升为核心标志。[33] 工业元宇宙作为数字技术与实体经济融合发展的形态之一，亦是一个不断丰富、完善、发展的概念，是数字化生存不断吐故纳新的系统动态演进过程。工业元宇宙是制造业数字化转型的新路径，是数字经济与实体经济深度融合发展的新时空。制造企业在数字化转型的过程中，应根据本企业数字技术应用的状况和水平，制订切实可行的转型规划，并分步推进实施。应积极探索建立各类产业集群跨区域、跨平台协同创新机制，促进创新要素整合共享，构建制造业创新协同、错位互补、供需联动的区域数字化发展生态，提升产业链供应链协同配套能力。要夯实制造业数智化创新发展基础，健全标准、技术、人才、资本等公共服务体系。支持高等院校加强元宇宙相关学科专业人才培养，深入推进产学研合作，鼓励企业与高校、科研机构联合培养人才，支持建设元宇宙技术技能人才实训基地，增强高水平人才供给。只要政产学研用合力推进制造业数智化转型，推动制造业迈向绿色发展、高端发展，中国制造业一定会在元宇宙时代成为数实产业技术融合发展的典范，成为中国式现代化建设的主力军！

参考文献(References)：

[1] 方军.元宇宙超入门[M].北京：机械工业出版社，2022:6,19.

[2] 朱明.元宇宙（Metaverse）_思想百科
[EB/OL].(2023-01-15)[2023-12-29].https://www.sohu.com/a/630454641_121322050

[3] 拉贾•科杜里（Raja Koduri）.英特尔 Raja Koduri：赋能元宇宙[EB/OL].（2021-12-15）[2023-12-28].
https://baijiahao.baidu.com/s?id=1719180762539030871&wfr=spider&for=pc

[4] 人民论坛“特别策划”组.元宇宙的当下与未来.人民论坛[J/OL].2022.04
（上）.(2022-04-13)[2023-12-30].http://www.rmlt.com.cn/2022/0413/644580.shtml

[5] [美]杰伦・拉尼尔（Jaron Lanier）.虚拟现实：万象的新开端[M].赛迪研究院专家组译，北京：中信出版社，2018：56-60,275-279.

[6] 洛重阳.终于！阿里对元宇宙下手：砸了 3.8 亿
[EB/OL].(2022-04-02)[2023-12-30].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1729004150329424755&wfr=spider&for=pc

[7] 能科数智.什么是工业元宇宙[DB/OL].[2023-10-06].
https://www.zhihu.com/question/505969397/answer/2650593307

[8] 乐骁立、吴正斌.工业“元宇宙”即将爆发未来制造业有哪些变化？[EB/OL].（2021-10-16）
[2023-12-30].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1713792412086305677&wfr=spider&for=pc）

[9] [美] 拜伦・瑞希（Byron Reese）.人工智能哲学[M].王斐译，上海：文汇出版社，2020：251-253.

[10] 格创东智官网.大中小型工厂如何进行智能化转型？[DB/OL].（2020-09-25）
[2023-12-29].https://www.getech.cn/newdetail-88.html

[11]［日］谷田部卓.未来 IT 图解：人工智能[M].刘晓慧、刘星译，北京：中国工人出版社，2021：4-12,126.
[12] 毛基业.2021 年：央企数字化转型及路径参考[J].企业管理,2021(12):25.
[13] 兔哥.大话工业 4.0：开启中国制造文艺复兴与商业新机遇[M].北京：机械工业出版社，2016：
95-97,156-157.
[14] 陈龙强，张丽锦.虚拟数字人 3.0：人“人”共生的元宇宙大时代[M].北京：中译出版社，2022：6-7，
154-155.
[15] 王者婧.企服大模型，加速 AI 场景落地[J].企业管理，2023（9）：39.
[16] 东方财富网-行情中心-00777.HK 网龙-财务分析
[EB/OL].(2023-04-25)[2023-12-30].http://emweb.securities.eastmoney.com/PC_HKF10/pages/home/index.html?code=00777&type=web&color=w#/newfinancialanalysis
[17] 宋政隆.元宇宙的商业机会[M].北京：中华工商联合出版社，2022：127-132.
[18] 沈湘平.元宇宙:人类存在状况的最新征候[J].阅江学刊，2022(1):47-48,45.
[19] 雷万云,姚峻.工业 4.0:概念、技术及演进案例[M].北京：清华大学出版社，2019：242-244,253.
[20] 西门子中国公司官网.以创新科技淬炼数字化钢筋铁骨-西门子助力河钢打造全球竞争力
[DB/OL].[2023-12-28].https://new.siemens.com/cn/zh/company/stories/industry/2021/innovation-and-digitalization-for-hbis.html
[21] 孙延明,皮圣雷,胡勇军,孙丽君.“智能+”制造：企业赋能之路[M].北京：机械工业出版社，2020：
147-148.
[22] 保罗·多尔森，詹姆斯·威尔逊(Paul Daughty,James Wilson).机器与人：埃森哲论新人工智能[M].
赵亚男译.北京：中信出版社，2018：13.
[23] 李正海.布局工业元宇宙[J].企业管理,2022(3):12-17.
[24] 中国工业和信息化部办公厅.关于印发第二批“5G+工业互联网”
十个典型应用场景和五个重点行业实践的通知(工信厅信管函〔2021〕279 号)[EB/OL].（2021-11-27）
[2023-12-30].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-11/27/content_5653745.htm
[25] 上海科技.元宇宙技术的产业落地有哪些挑战？国产大模型竞争趋势如何？| 元宇宙第 3 弹
[EB/OL].(2023-07-25)[2024-01-25].https://www.jfdaily.com/sgh/detail?id=1081727
[26] 元宇宙日报.元宇宙新鲜事|瑞穗：英伟达 2027 年 AI 相关营收有望达 3000 亿美元，阿里入股智能眼
镜研发商奇点临近(2023-07-25)[2024-01-25].https://new.qq.com/rain/a/20230725A08FTP00
[27] 陈曦,龚晓薇,寇淑然.从柔性电池到元宇宙医疗 夏季达沃斯论坛揭示 2023 新兴技术趋势
[EB/OL].(2023-06-27)[2024-01-25].http://m.stdaily.com/index/kejixinwen/202306/496bebbc647d448eb49368eec44576cc.shtml
[28] 陈白,陶思羽.埃森哲俞毅：AI 时代我们需要新的“摩尔定律”[EB/OL].(2023-06-28)[2023-10-09].
https://baijiahao.baidu.com/s?id=1769955206015065528&wfr=spider&for=pc
[29] 中国网信网.生成式人工智能服务管理暂行办法

[DB/OL].(2023-07-13)[2024-01-25].http://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c_1690898327029107.htm
[30] 北京腾讯科技 AI 未来指北.盖茨对话奥特曼：未来 AI 计算能力将是 GPT-4 的 10 万倍或 100 万倍 [EB/OL].(2024-01-12)[2024-01-26].https://daohang.qq.com/?fr=hmpage
[31] 张书乐.“元宇宙”将成下一代互联网的雏形，你想不到它将变成什么样？[EB/OL].（2022-01-18）[2024-01-26].https://www.sohu.com/a/517326717_118802?scm=1002.590044.0.10052-170
[32] 邢杰，赵国栋，徐远重，易欢欢，余晨.元宇宙通证[M].北京：中译出版社，2021:125.
[33] 新华社.中央财办有关负责同志详解中央经济工作会议精神 [EB/OL].(2023-12-18)[2024-01-26].https://www.gov.cn/zhengce/202312/content_6920788.htm.

Industrial Metaverse: A New Era of Deep Integration and Development of Digital Technology and Real Economy

Zhou Xiaodong
(Guangdong Technology College, Zhaoqing 526100, China)

Abstract: In the era of the metaverse, the digital transformation of the manufacturing industry is an inevitable requirement for reshaping the manufacturing value chain and enhancing industrial competitiveness. The industrial metaverse combines digital technology with real industry, promotes the efficient development of physical industry, and constructs a new manufacturing and service system covering the entire industrial chain and value chain, which is a new stage of digital and intelligent development in industry and even industry. The metaverse is a more concrete synthesis of the digital future, and a new field for digital economic innovation and industrial chain expansion. The industrial metaverse is a work platform that combines real and virtual employees, completing the value chain cycle of industrial manufacturing, empowering the real world with virtual digital technology, and achieving the coexistence and integration of the real and digital worlds. Copying and changing the real world in the digital world, achieving intelligent, humanized, and crowdsourced innovative management. The article elaborates that digital transformation is the necessary path for high-quality development of enterprises, and the industrial metaverse is a new era of integrated development of the digital economy and the real economy. Briefly introduced the machine vision measurement of Gechuang Dongzhi and the digital twin solutions of Siemens and General Electric, as well as their effectiveness.

Keywords: metaverse; virtual reality; augmented reality; industrial metaverse; digital twin